

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ІНЖЕНЕРНІ АСПЕКТИ ЛІТОЕКОЛОГІЇ

*(для студентів 4 курсу денної форми навчання
за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»)*

Харків – ХНУМГ – 2013

Методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Інженерні аспекти літоєкології» (для студентів 4 курсу денної форми навчання за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування») / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова; уклад.: Д. В. Дядін. – Х.: ХНУМГ, 2013. – 12 с.

Укладач: Д. В. Дядін

Рецензент: д. т. н., проф. Ф. В. Стольберг

Рекомендовано кафедрою інженерної екології та екологічної безпеки міст, протокол № 1 від 31.08.2012 р.

Зміст

Вступ	4
1. Умови виникнення суфозійних явищ у ґрунтах	5
2. Методика оцінки суфозійності ґрунту	6
3. Приклад оцінки суфозійності ґрунту	8
Завдання та зміст курсової роботи	10
Список рекомендованих джерел	11

ВСТУП

Захист геологічного середовища від небезпечних геологічних процесів є важливою складовою екологічної безпеки територій. Одним з розповсюджених екзогенних небезпечних явищ є суфозійні та карстові процеси природного й техногенного походження, які призводять до змін водопроникності ґрунтів та значному зниженню їхньої міцності та несучої здатності.

Метою курсової роботи є ознайомлення з методикою визначення суфозійності незв'язного ґрунту в залежності від його гранулометричного складу, опанування навичок необхідних для цього розрахунків. Згідно до завдання, робота має містити вихідні дані, опрацьовані для підсумування процентного вмісту кожної фракції, побудовану інтегральну криву гранулометричного складу ґрунту, розрахунки параметрів ґрунту, що визначають наявність у ньому суфозійних явищ, висновки щодо суфозійності ґрунту та рекомендації щодо запобігання негативних процесів винесення частинок.

Курсова робота виконується за індивідуальним завданням, варіанти якого видаються викладачем.

1. УМОВИ ВИНИКНЕННЯ СУФОЗІЙНИХ ЯВИЩ У ҐРУНТАХ

Під час фільтрації крізь гірські породи підземні води здійснюють руйнівну роботу – виносять частинки порід у розчиненому вигляді або механічним шляхом. Такі процеси винесення частинок називають суфозією, відповідно хімічною або механічною.

Механічною суфозією називають процес винесення фільтраційним потоком із товщі незв'язного ґрунту (піски, супіски) найдрібніших частинок, у той час як великі за розміром частинки залишаються на своїх місцях. Цей процес призводить до зміни гранулометричного складу ґрунту, збільшенню пористості і розмірів пір, що в свою чергу може зумовити виникнення порушення стійкості схилів, особливо на гідротехнічних спорудах (греблі, дамби), обвалення бортів гірничих виробок та інші небезпечні явища.

Фільтраційні деформації будуть розвиватися в незв'язному ґрунті в тому випадку, якщо в ньому є частинки, діаметр яких менше найбільшого фільтраційного ходу, і швидкості фільтраційного потоку достатні для переміщення цих частинок. Швидкість фільтрації, при якій порушується гранична рівновага суфозійних часток у ґрунті, називають критичною швидкістю суфозії.

Розрізняють ґрунти несуфозійні, суфозійні й практично несуфозійні.

Несуфозійними називають ґрунти, на яких при будь-яких швидкостях фільтрації винесення дрібних частинок не відбуватиметься. До практично несуфозійних ґрунтів відносять такі, винос частинок з яких не перевищує 3% і при цьому не відбувається порушення міцності ґрунту та його стійкості. У суфозійних ґрунтах винесення частинок фільтраційним потоком перевищує 3 %.

При комбінації процесів розчинення породи і механічного винесення її частинок суфозія називається хіміко-механічною. Така суфозія може розвиватися, наприклад, у лесових породах, де розчинюється карбонатна цементуюча речовина й одночасно виносяться глинисті частинки.

2. МЕТОДИКА ОЦІНКИ СУФОЗІЙНОСТІ ҐРУНТУ

Орієнтовну оцінку суфозійності ґрунту виконують, виходячи зі значення коефіцієнта неоднорідності η і допустимого градієнта напору $I_{\text{доп.}}$. Коефіцієнт неоднорідності ґрунту η визначають як співвідношення:

$$\eta = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

де d_{60} і d_{10} – діаметри частинок, менше яких у ґрунті міститься відповідно 60 і 10 % частинок за масою.

Для ґрунтів з $\eta < 10$ $I_{\text{доп.}} = 0,3 \dots 0,4$; при $10 < \eta < 20$ $I_{\text{доп.}} = 0,2$; при $\eta > 20$ $I_{\text{доп.}} = 0,1$.

При значеннях градієнта напору менше допустимого для ґрунтів визначеного зернового складу суфозійні явища не спостерігаються.

У ґрунтах з $\eta < 10$ при градієнтах напору більше 0,3...0,4 відбувається не власне суфозія, а випор.

Більш точним методом оцінки суфозійності ґрунту є розрахунковий, заснований на визначенні за експериментальними залежностями діаметра максимального порового каналу, діаметра і процентного вмісту суфозійних частинок, критичних швидкостей і критичних градієнтів напору фільтраційного потоку.

Розрахунковий метод визначення суфозійності ґрунту складається з декількох етапів.

1) Побудовання інтегральної кривої

У напівлогарифмічному масштабі будують графік інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту, на горизонтальній осі якого відкладають діаметр частинок, а на вертикальній – сумарний вміст частинок фракцій. Для цього послідовно підсумовують вміст фракцій, починаючи із найбільш дрібних часток, і по цих числах будують криву. Кожне з отриманих чисел вказує, таким чином, сумарний вміст фракцій менше визначеного діаметра.

Побудову графіка можна здійснювати як звичайним способом на самостійно розкресленій напівлогарифмічній основі, так і засобами відповідних комп'ютерних програм (MS Excel, Grapher та ін.).

2) Розрахунки параметрів суфозійності ґрунту

Максимальний діаметр порового каналу розраховують за формулою:

$$d_{\text{max}}^0 = 0,455 \chi \cdot \sqrt[6]{\eta} \cdot \frac{n}{1-n} \cdot d_{17} \text{ [см]} \quad (2)$$

де χ – коефіцієнт локальності суфозії, який залежить від коефіцієнта неоднорідності ґрунту і визначається за залежністю $\chi = 1 + 0,05\eta$;

η – коефіцієнт неоднорідності (різномірності) ґрунту, який дорівнює відношенню d_{60}/d_{10} ;

n – ефективна пористість ґрунту, частка од.;

d_{17} – діаметр частинок, менше якого в ґрунті міститься 17 % частинок за масою, см.

Максимальний діаметр суфозійних частинок d_{max}^c розраховують за формулою:

$$d_{\text{max}}^c = 0,77 d_{\text{max}}^0 \text{ [см]} \quad (3)$$

Відсотковий вміст суфозійних частинок знаходять за кривою гранулометричного складу ґрунту в залежності від їх максимального діаметру.

Розрахунок критичної швидкості суфозії проводять за формулою:

$$V_{кр.}^c = \varphi_o d_{max}^c \sqrt{\frac{n \cdot g}{v}} K \quad [см/с] \quad (4)$$

де d_{max}^c – максимальний діаметр суфозійних частинок, см;

n – ефективна пористість ґрунту, частки од.;

g – прискорення сили тяжіння, см/с²;

v – кінематичний коефіцієнт в'язкості, см²/с;

K – коефіцієнт фільтрації, см/с;

φ_o – коефіцієнт критичної швидкості:

$$\varphi_o = 0,6 \left(\frac{\rho_{с.г.}}{\rho_w} - 1 \right) f^* \cdot \sin \left(30^\circ + \frac{\Theta}{8} \right) \quad (5)$$

де $\rho_{с.г.}$ – щільність сухого ґрунту, г/см³;

ρ_w – щільність води, г/см³;

Θ – кут між напрямками швидкості фільтрації і сили тяжіння;

f^* – приведений коефіцієнт тертя, який визначається за залежністю:

$$f^* = 0,82 - 1,8n + 0,0062 (\eta - 5) \quad (6)$$

Коефіцієнт фільтрації ґрунту можна визначити за залежністю М. П. Павчича:

$$K = \frac{3,99\varphi_1}{v} \cdot \sqrt[3]{\eta} \frac{n^3}{(1-n)^2} \cdot d_{17}^2 \quad [см/сек] \quad (7)$$

де φ_1 – коефіцієнт, який враховує форму і шорсткість частинок; для піщано-гравелистих ґрунтів $\varphi_1 = 1,0$; для щебених ґрунтів $\varphi_1 = 0,35 \dots 0,40$; v – коефіцієнт кінематичної в'язкості (см²/с); n – ефективна пористість ґрунту; η – коефіцієнт неоднорідності ґрунту; d_{17} – діаметр частинок, менше якого у ґрунті міститься 17 % за масою, см.

Якщо при розрахунку виявиться, що фактична швидкість фільтрації менша критичної, то відповідно формулі (4) визначають максимальний діаметр суфозійних частинок (см), для яких фактична швидкість фільтрації буде критичною:

$$d_{max}^c = \frac{V_\phi}{\varphi_o \sqrt{\frac{n \cdot g}{v}} K} \quad [см] \quad (8)$$

Відсотковий вміст таких частинок визначають за кривою гранулометричного складу ґрунту.

3. ПРИКЛАД ОЦІНКИ СУФОЗІЙНОСТІ ҐРУНТУ

Завдання

Дати оцінку суфозійності ґрунту при таких вихідних даних:

Гранулометричний склад ґрунту									
Розмір частинок, мм	0,05-0,01	0,1-0,05	0,5-0,1	1-0,5	2-1	5-2	10-5	20-10	40-20
Вміст частинок, % за масою	8,2	2,7	22	18,7	19,3	14,7	7,4	5,4	1,6
Характеристики ґрунту									
Пористість	0,32								
Щільність сухого ґрунту	1,80 г/см ³								
Гradient напору ґрунтового потоку	0,45								
Кут між напрямками сили тяжіння і швидкості фільтрації	75°								

Порядок розрахунку

1. Для побудування інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту необхідно опрацювати вихідні дані – підсумувати вміст фракцій з розміром менше кожного з наведених діаметрів. Так, вміст частинок діаметром менше 0,05 мм становить 8,2%, вміст частинок діаметром менше 0,1 мм становить $8,2 + 2,7 = 10,9\%$, вміст частинок діаметром менше 0,5 мм становить $8,2 + 2,7 + 22 = 32,9\%$ і так далі.

Результати розрахунків можна представити у таблиці:

Розмір частинок, мм	0,05	0,1	0,5	1	2	5	10	20	40
Вміст частинок, % за масою	8,2	10,9	32,9	51,6	70,9	85,6	93	98,4	100

2. За отриманими даними у напівлогарифмічному масштабі будують графік інтегральної кривої гранулометричного складу ґрунту (рис. 1).

3. За кривою гранулометричного складу ґрунту (рис. 1) визначають значення діаметрів частинок, які необхідні для подальших розрахунків:

$$d_{10} = 0,08 \text{ мм}, d_{17} = 0,16 \text{ мм}, d_{60} = 1,4 \text{ мм}.$$

4. Розраховують коефіцієнт неоднорідності ґрунту:

$$\eta_{60} = \frac{d_{60}}{d_{10}} = \frac{1,4}{0,08} = 17,5$$

5. Підставивши у залежність (7) числові значення відповідних параметрів, визначають коефіцієнт фільтрації, значення v відповідає температурі 20°C:

$$K = \frac{3,99 \cdot 1}{0,01} \cdot \sqrt[3]{17,5} \cdot \frac{0,32^3}{(1 - 0,32)^2} \cdot 0,016^2 = 0,0188 \text{ см/с}$$

6. Максимальний діаметр порового каналу розраховують за формулою (2):

$$d_{\text{max}}^0 = 0,455 \cdot 1,875 \cdot \sqrt[6]{17,5} \cdot \frac{0,32}{0,32 - 1} \cdot 0,016 = 0,01035 \text{ см}$$

при цьому $\chi = 1 + 0,05 \cdot 17,5 = 1,875$

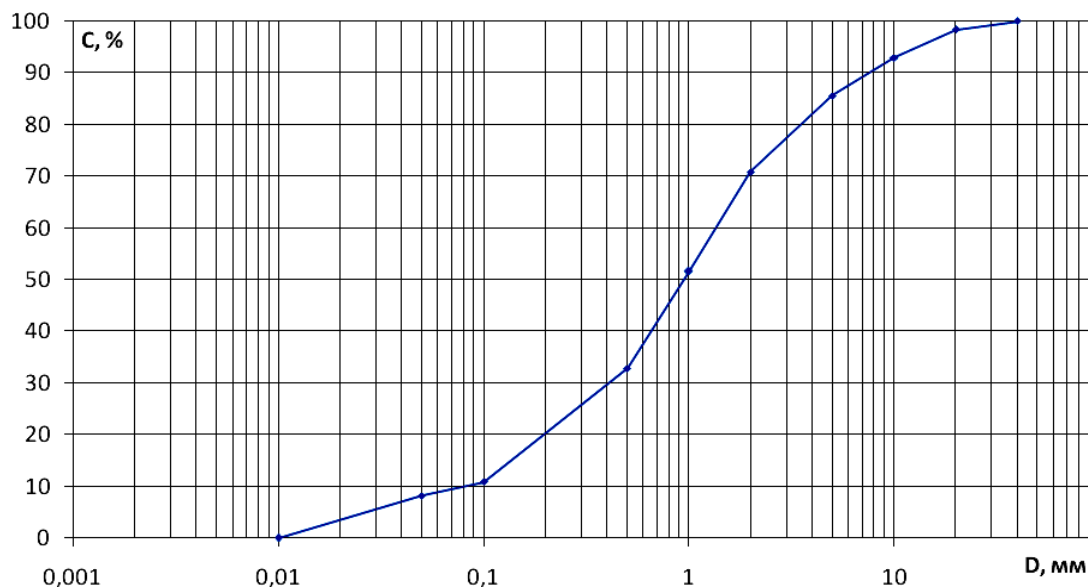


Рис. 1 Інтегральна крива гранулометричного складу

7. Максимальний розмір суфозійних частинок визначають за залежністю (3):

$$d_{\max}^c = 0,77 \cdot 0,01035 \text{ см} = 0,00797 \text{ см}$$

8. Відсотковий вміст суфозійних частинок знаходять за інтегральною кривою зернового складу. При $d_{\max}^c \approx 0,008 \text{ см} = 0,08 \text{ мм}$ воно складає 10 %. Це дає підставу оцінити даний ґрунт як суфозійний.

9. За залежністю (4) розраховують критичну швидкість для максимального діаметру суфозійних частинок:

$$V_{\text{кр}}^c = 0,098 \cdot 0,00797 \sqrt{\frac{0,32 \cdot 981}{0,01} \cdot 0,0188} = 0,019 \text{ см/сек}$$

Із залежностей (5), (6):

$$f^* = 0,82 - 1,8 \cdot 0,32 + 0,0062 (17,5 - 5) = 0,32$$

$$\varphi_0 = 0,6 \left(\frac{1,8}{1} - 1 \right) 0,32 \cdot \sin \left(30^\circ + \frac{75^\circ}{8} \right) = 0,098$$

10. Фактичну швидкість руху фільтраційного потоку знаходять згідно залежності закону лінійної фільтрації:

$$V_{\text{ф}} = K \cdot I = 0,019 \cdot 0,45 = 0,00855 \text{ см/с}$$

11. Порівнюють отримані значення фактичної і критичної швидкості фільтраційного потоку. Оскільки $V_{\text{ф}} < V_{\text{кр}}$, за залежністю (8) розраховують максимальний діаметр суфозійних частинок, для яких фактична швидкість буде критичною:

$$d_{\max}^c = \frac{0,00855}{0,098 \sqrt{\frac{0,32 \cdot 981}{0,01} \cdot 0,019}} = 0,00356 \text{ см}$$

12. За інтегральною кривою визначають відсотковий вміст суфозійних частинок при фактичній швидкості фільтраційного потоку, яке дорівнює 7,0 %.

Таким чином, даний ґрунт за існуючою класифікацією відноситься до суфозійного і під час руху в ньому фільтраційного потоку при заданому градієнті напору відбуватимуться суфозійні явища.

ЗАВДАННЯ ТА ЗМІСТ КУРСОВОЇ РОБОТИ

Курсова робота складається з вихідних даних, теоретичної та розрахункової частин, висновків і переліку використаних джерел.

У теоретичній частині слід розкрити поняття суфозії, умов її виникнення та розвитку, описати негативні наслідки її проявів.

Розрахункова частина має містити:

- інтегральну криву гранулометричного складу ґрунту, побудовану вручну на розкресленій напівлогарифмічній основі або за допомогою відповідних комп'ютерних програм (за бажанням студента);

- розрахунки параметрів суфозійності ґрунту, виходячи з отриманих вихідних даних.

Виходячи з отриманих результатів розрахунків, у роботі складають висновки, де визначають належність ґрунту до категорії суфозійного та обґрунтовують наявність у ньому суфозійних явищ при заданих фільтраційних параметрах.

Курсова робота оформлюється згідно стандартних вимог щодо написання й оформлення друкованих звітів (згідно вимог ДСТУ 3008-95). Обсяг роботи в аркушах не регламентовано, але за умов висвітлення всіх вище наведених пунктів завдання робота включатиме не менше 8-10 стандартних аркушів А4. Матеріали у складі роботи доцільно розмістити у такій послідовності:

- 1) вступ;
- 2) теоретична частина;
- 3) вихідні дані;
- 4) інтегральна крива гранулометричного складу;
- 5) розрахункова частина;
- 6) висновки щодо суфозійності ґрунту;
- 7) список використаних джерел.

Курсова робота представляється студентом до захисту у встановлений термін і оцінюється за стандартною шкалою ECTS за таким розподілом балів – 20% – теоретична частина, 40% – розрахункова частина, 40% – захист роботи.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Інженерна геологія. Механіка ґрунтів, основи і фундаменти: Підручн. / М.Л. Зоценко та ін. – Полтава: ПНТУ, 2003. – 446 с.
2. Инженерная геология: Учеб. для строит. спец. вузов / В.П. Ананьев, А.Д. Потапов. – М.: Высш. школа, 2005. – 575 с.
3. Інженерно-геологічні властивості гірських порід та штучних ґрунтів/ Навчально-методичний посібник з дисципліни “Прикладна літоекологія і радіоекологія” (для студентів 3 курсу денної і 4 курсу заочної форми навчання спеціальності 6.070800 “Екологія та охорона навколишнього середовища”) Укл. Свіренко Л.П., Бригінець К.Д., Дядін Д.В. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 58 с.
4. Швецов Г. И. Инженерная геология, механика грунтов, основания и фундаменты: Учебн. – М.: Высш. школа, 1987.

Навчальне видання

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОЇ РОБОТИ
З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«ІНЖЕНЕРНІ АСПЕКТИ ЛІТОЕКОЛОГІЇ»
(для студентів 4 курсу денної форми навчання
за напрямом підготовки 6.040106 «Екологія, охорона навколишнього
середовища та збалансоване природокористування»)

Укладач **ДЯДІН** Дмитро Володимирович

Відповідальний за випуск *В. М. Ладизженський*

За авторською редакцією

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2012, поз. 92М

Підп. до друку 31.05.2013 р.
Друк на різнографі
Зам. №

Формат 60×84/16
Ум. друк. арк. 0,7
Тираж 50 пр.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.